

# 青藏高原冈底斯带中段花岗岩类及其中铁镁质微粒包体地球化学特征<sup>\*</sup>

江万<sup>1</sup> 莫宣学<sup>2</sup> 赵崇贺<sup>2</sup> 郭铁鹰<sup>2</sup> 张双全<sup>2</sup>

1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质大学, 北京 100083.

1. *Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081;*

2. *China University of Geosciences, Beijing 100083.*

1997-10-17 收稿, 1998-06-28 改回.

Jiang Wan, Mo Xuanxue, Zhao Chonghe, Guo Tieying and Zhang Shuangquan. 1999. Geochemistry of granitoid and its mafic microgranular enclave in Gangdise belt, Qinghai-Xizang Plateau. *Acta Petrologica Sinica*, 15(1):89~97

**Abstract** Geochemical research on granite and mafic microgranular enclave in Gangdise belt, Qinghai-Xizang Plateau shows that the type of magma rock is calc-alkaline and metaluminous. Analyses of 10 pairs of enclaves-host rock show that  $\text{SiO}_2$ -oxides scatter (such as  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , CaO, MgO,  $\text{FeO}^T$ ), bi-elements scatter and co-denominator (such as La-Ce, Sm-Nd, Th-La, La-Ba, Th/Yb-Ta/Yb, Zr/Y-Zr, Cs-Rb,  $\text{SiO}_2$ -Zr/ $\text{TiO}_2$ ) diagrams are more or less linear, which suggests connection with magma mixing and (or) chemical differentiation. And isotopic geochemistry of granite and enclave show that granite in Gangdise belt contains mantle-derived material. Geochemical characteristics of abundant elements, trace elements and rare earth elements, isotopic elements imply that granite and enclave are derived from the same source.

**Key words** Granite, Mafic microgranular enclave, Geochemistry, Qinghai-Xizang Plateau

**摘 要** 青藏高原冈底斯带花岗岩及其中铁镁质微粒包体地球化学研究表明, 冈底斯花岗岩带岩石类型是钙碱性、中铝质的。10 对花岗岩及包体的地球化学分析结果表明,  $\text{SiO}_2$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、CaO、MgO、 $\text{FeO}^T$  都是呈线性降低的趋势, 二元素散点图及共分母图(如 La-Ce, Sm-Nd, Th-La, La-Ba, Th/Yb-Ta/Yb, Zr/Y-Zr, Cs-Rb,  $\text{SiO}_2$ -Zr/ $\text{TiO}_2$ ) 具有不同程度的直线变异关系, 而花岗岩及包体的同位素地球化学表明花岗岩中含有大量幔源组分, 说明与岩浆混合作用及(或)成分分异有关。花岗岩及包体的常量元素、微量及稀土元素、同位素地球化学特征显示两者具有同源性。

**关键词** 花岗岩; 铁镁质微粒包体; 地球化学; 青藏高原

**中图分类号** P588. 12

## 1 概述

冈底斯带长约 2000km, 宽近 100km, 为一巨大构造-岩浆带, 紧邻雅鲁藏布江缝合带近东西向展布, 其向东绕过雅鲁藏布江大拐弯处的南迦巴瓦峰与察隅中酸性花岗岩带相连, 再向南延至伯奇。冈底斯构造-岩浆带是一条巨大的火山岩-花岗岩复合构造-岩浆带, 岩浆出露面积占青藏高原中新代中酸性侵入岩分布总面积的 73%, 其中中酸性侵入岩出露面积达 11 万平方公里。时间上, 岩浆活动主要集中在早白垩世 (130~100Ma) 和早第三纪 (65~45Ma), 这两个时

期岩浆岩面积占高原岩浆岩总面积的 66.1%。中酸性侵入活动有随时间自两侧向中心迁移的趋势。有关冈底斯花岗岩的研究已经积累了大量资料(如: 涂光炽等, 1981, 1982; 周云生等, 1981; Debon *et al.*, 1981, 1986; 金成伟等, 1978, 1982, 1990, 1984; 金成伟, 1985; 刘国惠等, 1990; 郭铁鹰等, 1991; 许荣华等, 1992), 这些资料极大地丰富了对这一地区地质演化的认识, 冈底斯构造-岩浆带岩石类型繁多, 有辉长岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、石英二长岩、正长花岗岩及二云母花岗岩等。各个岩基中岩石类型比较齐全, 相带变化较明显, 均为复式岩基, 岩体规模巨大。

\* 本研究为地矿部重点研究课题《青藏高原构造演化隆升与岩浆热事件若干问题研究》资助成果。

第一作者简介: 江万, 男, 1969 年出生, 博士, 岩石学专业。

冈底斯花岗岩带的围岩多为中生界，其次为上古生界，岩性复杂，接触关系多样，多为侵入接触，围岩受接触变质作用影响，出现角岩、片岩及片麻岩等，有时也有交代侵入接触，形成夕卡岩并出现铁矿化。

同时，我们也注意到这些成果很少涉及冈底斯花岗岩中广泛出现的包体。从目前所掌握的资料来看，国内外对这一地区花岗岩中包体只有少数学者进行研究(金成伟, 1986; 谭富文, 刘朝基, 1992), 本文重点研究冈底斯带中段花岗岩及其中包体的地球化学特征, 从新视角探讨冈底斯带中酸性岩浆活动特征。

## 2 花岗岩和包体的地球化学特征

限于前人在这—地区针对花岗岩及其包体的研究程度等原因, 本研究试图搞清冈底斯带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体的关系, 因而重点采集了包体及其附近的花岗岩样品, 构成花岗岩-包体对, 同时在采集样品时考虑了样品代表性, 所采花岗岩样品从偏酸性的花岗岩到偏基性的辉长岩均有, 以求照顾区域上不同的花岗岩类型。有关样品的详细岩石矿物学特征可参见江万等(1997)的论述, 10对样品基本情况如下:

- L053 羊八井运输站东南的黑云母花岗岩, 所含包体为闪长质微粒包体;
- L075 曲水桥南吉纳花岗岩闪长岩, 闪长质微粒包体中出现少量辉石残晶;
- L076 曲水棉将辉长闪长岩, 包体同样是辉长闪长岩;
- L090 曲水曲普辉长闪长岩, 包体为闪长质微粒包体;
- L091 曲水三村花岗岩闪长岩, 包体为含辉石的闪长质微粒包体;
- L092 曲水拉康含钾长石巨晶的二长花岗岩, 闪长质微

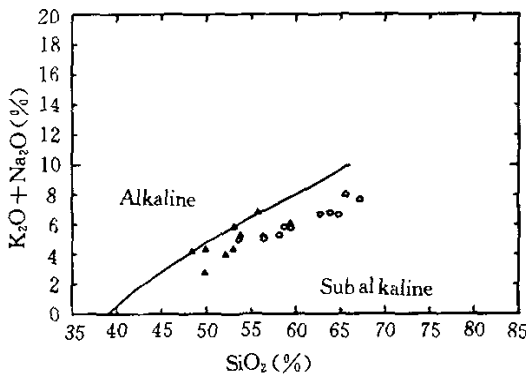


图1 冈底斯带花岗岩及铁镁质微粒包体硅-碱图  
Alkaline 为碱性系列; Subalkaline 为亚碱性系列; 图例中三角为铁镁质微粒包体; 圆圈为酸性侵入岩。  
Fig. 1 SiO<sub>2</sub>-Alkaline diagram of granite and mafic microgranular enclave

粒包体中同样含有钾长石巨晶;

- L100 曲水我村石英闪长岩, 包体为闪长质微粒包体;
- L118 古荣角闪二长花岗岩, 包体为闪长质微粒包体;
- L130 318 国道 4816 公里附近, 花岗闪长岩, 所含包体为含辉石的闪长质微粒包体;
- L134 318 国道 4789 公里附近, 花岗闪长岩, 所含包体为局部具变晶结构的含辉石闪长质微粒包体。

### 2.1 常量元素地球化学

冈底斯花岗岩带中段花岗岩闪长岩及其中铁镁质微粒包体的化学成分列于表1, 关于冈底斯花岗岩带花岗岩类的地球化学特征前人己进行过探讨(涂光炽等, 1981, 1982; 刘国惠等, 1990; Debon *et al.*, 1986)。将本次研究获得的花岗岩及其中包体的有关分析数据(表1)投在硅碱图(图1)、

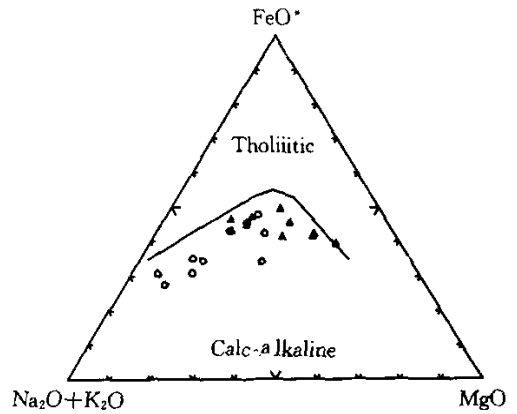


图2 冈底斯带花岗岩及包体 AFM 图  
Tholeiitic 为拉斑系列; Calc-Alkaline 为钙碱性系列; 图例同图1。  
Fig. 2 AFM diagram of granite and enclave

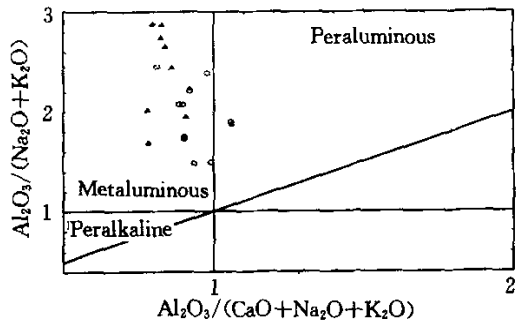


图3 冈底斯带花岗岩及包体铝饱和度-碱饱和度图  
Metaluminous 为中等铝饱和; Peraluminous 为过铝质; Peralkaline 为过碱性; 图例同图1。  
Fig. 3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) vs. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) diagram of granite and enclave

AFM 图 (图 2) 及铝饱和度-碱饱和度图 (图 3) 上, 冈底斯花岗岩带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体的投点全部落在钙碱性系列区中, 岩石类型以准铝质为主, 少数过铝质

(羊八井样品), 与南美洲安第斯带的安山岩十分相似, 而不同于雅鲁藏布江缝合带以南的高喜马拉雅淡色花岗岩 (Debon *et al.*, 1986; 刘国惠, 1990)。

表 1 冈底斯带花岗岩及其中铁镁质微粒包体的常量(%)、微量和稀土( $\mu\text{g/g}$ ) 元素的分析数据

Table 1 Chemical data (% and  $\mu\text{g/g}$ ) of granite and mafic microgranular enclave in Gangdise belt

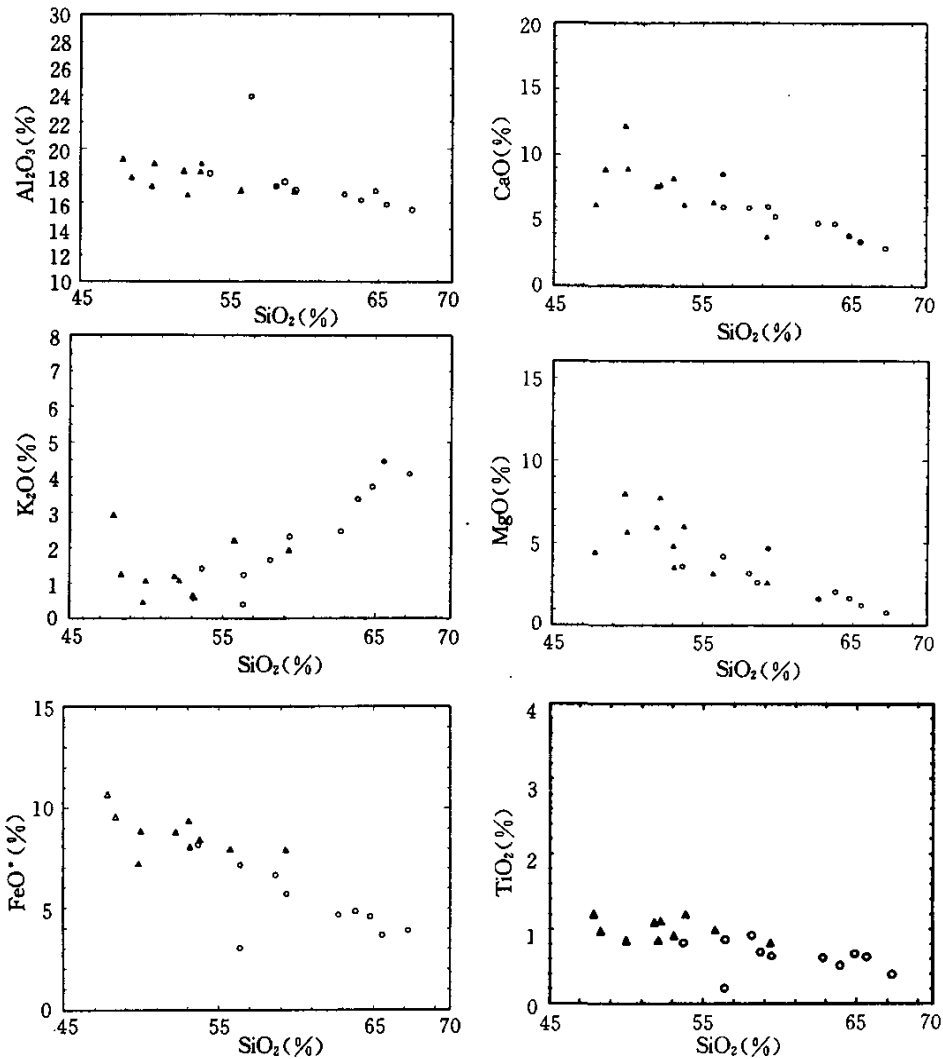
样品号	L053G	L053E	L075G	L075E	L076G	L076E	L090G	L090E	L091G	L091E
SiO <sub>2</sub>	67.26	59.33	58.68	53.12	58.13	53.06	56.36	51.68	59.40	52.20
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.83	0.70	0.55	0.93	0.93	0.22	0.72	0.65	1.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.46	16.80	17.54	18.86	17.15	18.26	24.13	18.82	16.92	16.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.48	2.83	2.36	3.26	2.47	2.68	1.02	3.13	2.43	2.87
FeO	2.43	5.07	4.27	4.82	4.89	6.70	2.10	6.48	3.27	5.94
MnO	0.16	0.29	0.19	0.19	0.17	0.20	0.12	0.22	0.14	0.19
MgO	0.78	2.62	2.62	3.54	3.18	4.83	1.39	5.49	4.69	7.75
CaO	2.88	3.79	6.12	8.19	5.99	8.21	8.50	8.63	6.06	7.71
Na <sub>2</sub> O	3.60	4.17	3.84	5.29	3.64	3.74	4.79	3.21	3.44	2.94
K <sub>2</sub> O	4.10	1.94	1.99	0.60	1.65	0.66	0.39	0.45	2.31	1.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.29	0.21	0.10	0.24	0.19	0.05	0.26	0.24	0.27
CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.51	0.88	0.59	0.55	0.69	0.24	0.44	0.14	0.43	1.05
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.26	0.31	0.20	0.23	0.20	0.18	0.33	0.30	0.03	0.08
Total	99.42	99.15	99.31	99.30	99.33	99.88	99.84	99.53	100.01	99.72
La	56.50	18.53	23.42	13.25	18.51	12.31	8.88	10.39	22.97	22.23
Ce	102.07	42.05	52.02	31.91	46.38	33.52	21.08	27.28	54.20	48.55
Pr	10.78	4.88	7.23	4.85	6.35	5.19	2.88	4.39	6.92	6.64
Nd	39.77	18.08	26.74	19.40	24.96	20.76	10.72	17.58	25.57	26.13
Sm	5.95	3.35	5.17	4.23	4.80	4.69	1.96	3.63	3.68	3.91
Eu	1.35	1.05	1.24	1.11	1.14	1.33	0.93	1.17	0.83	1.43
Gd	6.17	3.25	4.85	3.86	5.02	4.83	0.99	3.40	4.15	4.32
Tb	0.98	0.51	0.75	0.62	0.78	0.74	0.17	0.48	0.62	0.65
Dy	5.62	2.71	4.22	3.61	4.32	4.03	1.12	2.38	3.30	3.48
Ho	1.21	0.59	1.24	0.78	1.25	1.22	0.37	0.52	0.71	0.75
Er	3.12	1.53	2.42	1.93	2.23	2.80	0.89	1.40	1.38	1.39
Tm	0.49	0.24	0.38	0.30	0.35	0.44	0.14	0.22	0.22	0.22
Yb	2.48	1.52	1.86	1.57	1.95	1.83	0.28	1.14	1.71	1.44
Lu	0.50	0.41	0.40	0.37	0.45	0.38	0.19	0.33	0.45	0.36
Y	23.09	11.66	16.81	14.69	18.04	16.94	2.07	9.98	14.86	14.33
Ti	2075.5	4234.8	3581.8	2804.4	3157.7	5657.4				
V	42.750	95.531	132.42	202.09	129.40	234.30				
Cr	29.149	6.1213	14.813	40.244	32.854	0.8444				
Mn	1000.4	1469.7	1042.3	1070.7	853.31	1094.1				
Co	1.9582	4.7863	9.840	10.040	8.182	16.443				
Ni	1.5038	8.0878	12.556	15.488	11.705	26.805				
Cu	11.018	29.576	20.861	25.735	29.705	23.852				
Rb	159.65	217.07	49.962	11.841	55.814	25.204				
Sr	400.97	412.25	606.83	833.57	728.89	1009.4				
Ba	873.03	412.89	446.22	209.84	581.91	547.37				
Cs	5.1694	9.8115	4.520	0.802	3.186	2.195				
Nb	13.728	14.903	6.120	1.218	5.961	2.946				
Ta	3.9175	1.5949	0.990	0.141	0.653	0.062				
Zr	200.37	150.91	131.75	53.59	167.43	86.28				
Hf	7.6150	5.4346	4.376	2.223	7.956	3.705				
U	7.4927	6.3101	3.253	0.216	3.605	1.422				
Th	40.864	14.239	7.631	0.581	15.680	7.618				
Pb	184.01	274.02	25.817	30.733	32.274	21.562				

续表 1

Table 1 Continued

样品号	L092G	L092E	L100G	L100E	L118G	L118E	L130G	L130E	L134G	L134E
SiO <sub>2</sub>	62.74	48.44	63.86	47.84	65.58	55.74	64.82	49.97	53.68	49.82
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.96	0.53	1.22	0.64	1.00	0.68	0.86	0.83	0.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.57	17.88	16.13	19.24	15.81	16.94	16.80	18.88	18.15	17.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.71	3.00	1.82	4.00	1.36	2.80	1.42	3.31	2.97	1.61
FeO	2.95	6.53	3.02	6.70	2.31	5.14	3.17	5.55	5.19	5.61
MnO	0.14	0.21	0.18	0.18	0.07	0.19	0.13	0.18	0.16	0.20
MgO	1.61	8.30	2.05	4.47	1.22	3.17	1.64	5.70	3.59	7.98
CaO	4.82	8.93	4.76	6.23	3.42	6.40	3.87	8.93	8.24	12.24
Na <sub>2</sub> O	4.22	2.95	3.40	4.09	3.56	4.64	2.93	3.28	3.56	2.31
K <sub>2</sub> O	2.47	1.24	3.37	2.94	4.44	2.22	3.73	1.08	1.41	0.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.26	0.27	0.14	0.37	0.20	0.34	0.15	0.36	0.30	0.09
CO <sub>2</sub>	0.27	0.00	0.00	0.27	0.41	0.31	0.00	0.18	0.31	0.23
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.76	1.19	0.46	1.60	0.34	0.83	0.45	0.90	0.94	1.14
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.08	0.08	0.18	0.16	0.00	0.08	0.05	0.05	0.00	0.03
Total	99.98	99.23	99.83	99.31	99.36	99.80	99.84	99.23	99.33	99.39
La	30.43	31.75	18.91	18.67	42.51	40.96	24.30	12.68	18.03	8.26
Ce	64.49	63.03	47.86	32.87	82.79	84.79	54.51	28.55	44.37	24.82
Pr	5.17	7.10	5.82	3.79	9.85	11.27	5.07	3.63	6.00	2.30
Nd	23.29	28.40	21.54	9.99	36.86	41.59	21.56	18.51	22.23	8.62
Sm	4.68	7.25	3.89	1.27	7.44	10.91	4.25	4.97	3.40	2.91
Eu	1.09	1.53	0.75	0.44	1.62	1.78	0.69	1.16	0.84	0.36
Gd	4.54	5.90	3.88	1.85	6.62	8.09	3.47	3.84	3.78	2.74
Tb	0.91	0.79	0.59	0.28	1.04	1.22	0.58	0.63	0.58	0.40
Dy	4.39	4.70	3.31	1.51	5.91	6.64	3.50	3.68	3.20	2.16
Ho	0.95	0.97	0.95	0.25	1.27	1.43	0.90	0.76	0.82	0.54
Er	2.86	2.16	1.78	0.76	1.97	2.54	1.92	2.04	2.61	1.46
Tm	0.29	0.38	0.28	0.12	0.31	0.40	0.26	0.32	0.41	0.23
Yb	1.84	2.40	1.51	0.76	2.61	2.84	1.61	1.46	1.64	0.98
Lu	0.34	0.41	0.41	0.17	0.55	0.60	0.27	0.23	0.45	0.41
Y	16.76	21.61	14.00	6.17	25.48	28.99	14.81	14.89	14.64	7.91
Ti									4626.3	2457.1
V									219.58	203.15
Cr									12.452	238.27
Mn									1153.9	1242.0
Co									14.962	23.334
Ni									18.620	41.651
Cu									19.009	11.568
Rb									34.853	2.962
Sr									897.49	433.48
Ba									330.85	91.674
Cs									2.833	0.163
Nb									27.651	5.284
Ta									0.912	0.289
Zr									106.21	34.461
Hf									3.987	1.424
U									0.970	0.459
Th									2.481	1.483
Pb									23.180	21.809

样品号中 G 代表花岗岩; E 代表包体; 分析单位: 常量元素由中国地质大学(北京)化分室测试; 稀土元素由中国地质大学(北京)岩石研究所测试; 分析人: 莫少龙, 郝海利, 杨列娜; 微量元素由中国科学院地质所测试; 分析人: 阎欣育。

图4  $\text{SiO}_2$ -氧化物成分散点图

图例同图1.

Fig. 4  $\text{SiO}_2$  vs. oxides scatter diagrams

青藏高原冈底斯花岗岩带中段花岗闪长岩及其中铁镁质微粒包体的主元素氧化物变化趋势(图4)表明:随着 $\text{SiO}_2$ 含量增加,其它主元素氧化物或多或少有着规律性变化,其中线性关系最好的是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{FeO}^{\text{T}}$ ,都是呈线性降低的趋势,对于这样一种区域上不同岩性、不同岩体及其中包体所采集的样品具有的常量元素的线性相关性,暗示着冈底斯带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体具有同源性,相对共存的寄主花岗岩而言,铁镁质微粒包体的成分是高钙、铝和铁镁的,主化学成分类似于玄武岩,反映包体更偏基性,且起源温度高于花岗岩<sup>①</sup>。

## 2.2 微量及稀土元素地球化学

本研究对冈底斯带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体

采用ICP分析获得稀土元素含量、X-荧光光谱分析微量元素。

稀土及微量元素配分曲线(图5、6、7、8)显示包体及花岗岩具有相似的配分模式,这一方面反映两者都是熔融岩浆结晶的产物,另一方面又反映两者经历了相似的岩浆演化过程。

与氧化物散点图相似,有些微量及稀土元素散点图(图9)表现出花岗岩和铁镁质微粒包体之间较好的线性关系,这种关系似乎用岩浆混合作用来解释更为合适。

<sup>①</sup> 江万. 1996. 青藏高原冈底斯带中段中酸性侵入岩浆活动及高原隆升机制探讨. (博士学位论文).

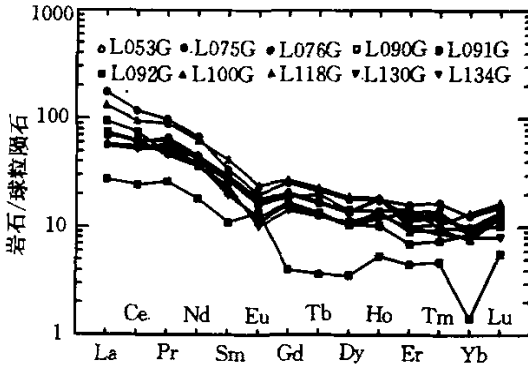


图5 冈底斯带花岗岩稀土元素配分曲线图  
Fig.5 REE patterns of granite in Gangdise belt

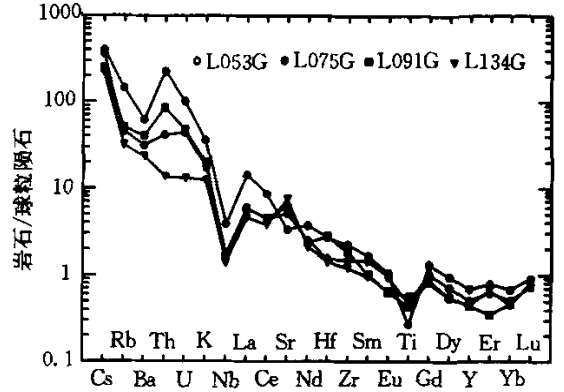


图6 冈底斯带花岗岩微量元素蛛网图  
Fig.6 Trace elements spider curve of granite

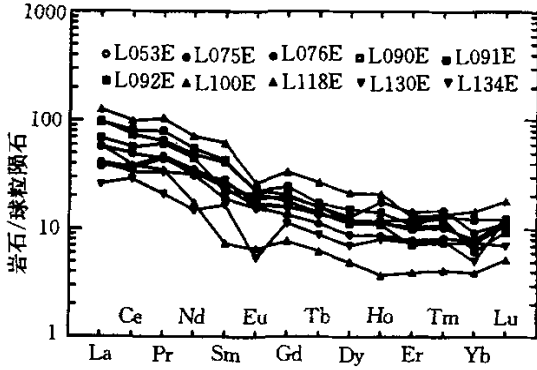


图7 花岗岩中铁镁质微粒包体稀土元素配分曲线  
Fig.7 REE patterns of MME in granite in Gangdise belt

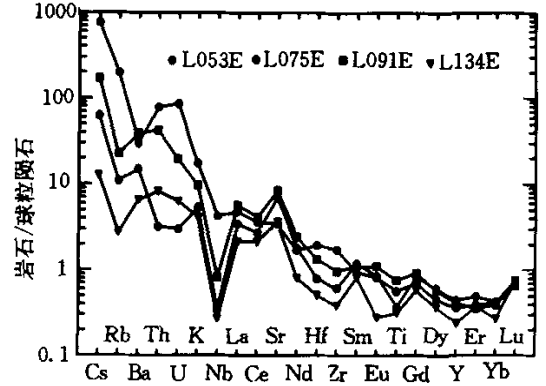


图8 花岗岩中铁镁质微粒包体微量元素蛛网图  
Fig.8 Trace elements spider curve of MME in granite

2.3 同位素地球化学

冈底斯带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体(闪长质微粒包体)的Sr-Nd-O同位素组成列于表2。

花岗岩全岩的初始铈同位素比值是侵入岩的一个特征值,它可以用来推断时代或是花岗岩浆源区的Rb/Sr比值及岩浆形成时的铈特征值。与此相类似,初始钆同位素比值是岩浆侵位时的钆同位素比值,也可以用来估计时代或源区的Sm/Nd比值及岩浆形成时的钆特征值。冈底斯岩带中段花岗岩及其中铁镁质微粒包体的Sr-Nd-O同位素系统的特征值表明,其物质来源与地幔关系更紧密,把初始铈和钆同位素结果投在 $\epsilon_{Sr}(t)-\epsilon_{Nd}(t)$ 图上,在图中以同年龄的地球平均同位素比例为准,把这些数据表现出来。一般说来,直接来自上地幔或者年青地壳的火成岩趋于落在-、二象限( $\epsilon_{Nd}$ 为正值),有时在所谓的地幔区中,冈底斯带中段花岗岩及其中的铁镁质微粒包体的投点就靠近地幔区(图10),与阿拉伯

泛非花岗岩相似(Duyverman *et al.*, 1982),无论是花岗岩还是包体,初始铈比值都低于0.707,这与壳源的高喜马拉雅花岗岩相反,后者初始铈比值均大于0.74。本次工作获得的冈底斯岩带中段花岗岩及其中包体的氧同位素值特别低, $\delta^{18}O(SMOW)$ 值为2.3‰~4.5‰,表明本带花岗岩类的物质来源较深,岩浆起源温度较高。说明有相当数量的岩浆物质来源于上地幔,充分说明了这一阶段由地幔物质转换为地壳物质是一个重要过程。

许荣华等(1990)对藏南花岗岩的全岩Rb-Sr系统进行研究时发现全岩Rb-Sr系统尚未达到平衡,说明这套与俯冲有关的钙碱性花岗岩是在开放系统中形成的。

在没有地壳、地幔端元的年龄和同位素组成的情况下,是不可能限定岩浆源中的地壳及地幔物质的混合比例,但是根据许荣华等(1990)所给出的亏损地幔、中地壳的 $\epsilon_{Sr}(t)$ 、 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值,应用二端元混合模式计算,可以得出冈底斯带中段

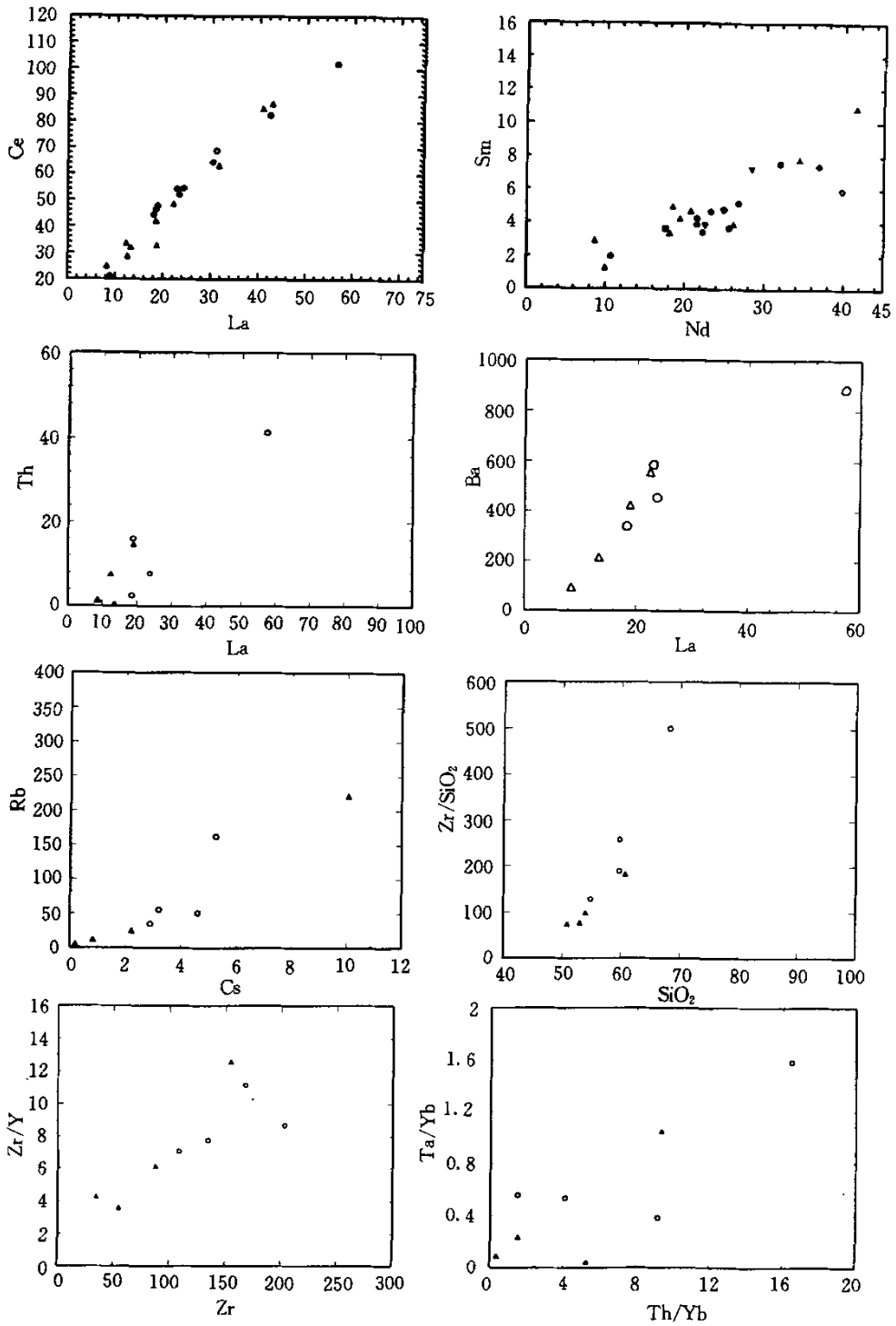


图9 花岗岩及包体的微量及稀土元素散点图

图例同图1.

Fig. 9 Trace and rare earth elements scatter diagram of granite and enclave

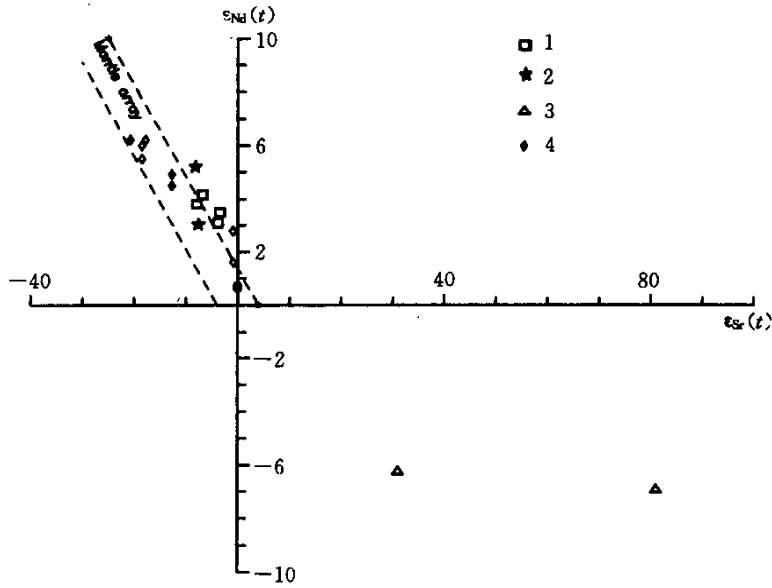


图 10 冈底斯带中段花岗岩及其中包体  $\epsilon_{Sr}(t)-\epsilon_{Nd}(t)$  关系图

1. 花岗岩; 2. 包体; 3. 念青唐古拉数据 (许荣华等, 1990); 4. Pan Africa 据 Duyerman *et al.* (1982).

Fig. 10  $\epsilon_{Sr}(t)-\epsilon_{Nd}(t)$  diagram of granite and enclave in Gangdise belt

表 2 冈底斯带花岗岩及铁镁质微粒包体 Sr-Nd-O 同位素组成

Table 2 Sr-Nd-O isotopic data of granite and mafic microgranodiorite enclave in Gangdise belt

样品号	L091G	L091E	L134G	L134E
采样地点	曲水三村	曲水三村	318 道 4789km	318 道 4789km
岩性	花岗闪长岩	闪长质包体	花岗闪长岩	闪长质包体
$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	0.107971	0.108858	0.108638	0.150429
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0.512827	0.512809	0.512741	0.512877
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	0.251463	0.080037	0.130173	0.062510
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.704317	0.704140	0.704225	0.704095
$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Rb})_i$	0.704169	0.704052	0.704093	0.704012
$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$	0.512798	0.512675	0.512780	0.512785
$\epsilon_{Sr}$	-6.82730	-7.59857	-7.90796	-8.16843
$\epsilon_{Nd}$	4.15604	3.05960	3.80019	5.21493
$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)	3.3‰	2.3‰	4.5‰	3.0‰

样品号中 G 代表花岗岩, E 代表包体; Sr-Nd 同位素分析单位: 中科院地质所, 分析人: 许荣华, 张任祜. O 同位素分析单位: 国家地震局地质所, 分析人: 上官志冠; 计算中, L091 的年龄为 41.4Ma (Scharer *et al.*, 1984); L134 年龄为 34.33Ma (本次工作).

花岗岩的同位素系统中, 地幔贡献高达 70%。

### 3 结论

(1) 冈底斯带中段花岗岩带花岗岩岩石类型是钙碱性、中铝质的。

(2) 花岗岩及包体的地球化学特征显示, 氧化物成分散

点图、二元素散点图及共分母图多为直线变异关系, 说明与成分分异及(或)混合作用有关, 至于是岩浆混合、同化混染抑或是残余体的不完全分离, 需要结合野外资料及花岗岩、包体的结构的研究以及花岗岩、包体的同位素地球化学特征才能进一步区分。常量元素、微量及稀土元素、同位素地球化学特征显示两者具有同源性, 并与地幔物质有较大联系。



## References

- Debon F *et al.* 1986. The four plutonic belts of the Transhimalaya-Himalaya; A chemical, mineralogical, isotopic and chronological synthesis along a Tibet-Nepal section. *J. Petrol.*, 27; 219~250
- Debon F *et al.* 1981. Granitoid belts in West and South Tibet, About their geochemical trends and Rb-Sr isotopic studies. *Proceedings on the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau*, 1; 395~405, Beijing
- Duyverman H J, Harris N B W *et al.* 1982. Crustal Accretion in the Pan African; Nd and Sr isotope evidence from the African Shield. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59; 315~326
- Guo Tieying *et al.* 1991. *Ngari geology*. Wuhan: China University of Geosciences press (in Chinese).
- Jiang Wan, Zhang Shuangquan, M Xuanxue, Zhao Chonghe and Guo Tieying. 1998. Granodiorite and their mafic microgranular enclaves from Gangdise granite belt of the Qinghai-Xizang Plateau. *Tethyan Geology*. 23; 90~96 (in Chinese)
- Jin Chengwei, Harris N B W, Xu Ronghua and Lewis C L. 1990. Plutonic rocks from Lhasa to Gulmud. In *Geological Evolution of Qinghai-Xizang Plateau*. Beijing: Science Press. 141~173 (in Chinese)
- Jin Chengwei. 1982. Magmatism and island-arc evolution of Gangdise belt in Tibet. In *proceeding on geological research*, Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences. Beijing: Relics Press. 49~54 (in Chinese)
- Jin Chengwei. 1986. Inclusion in granitoid from Quxu, Lhasa, Xizang. *Acta Petrologica Sinica*. 2 (2); 23~32 (in Chinese with English abstract)
- Jin Chengwei, Xu Ronghua. 1984. Granitoid rocks of middle Gangdise and Himalaya. In: *Himalayan Geology (I) part of achievements in geoscientific investigation of Sino-french cooperation in the Himalayas in 1980*. Beijing: Geological Publishing House. 273~294 (in Chinese)
- Jin Chengwei and Xu Ronghua. 1982. Granitoid rocks of middle Gangdise and Himalaya. *Petrological research*. (1); 81~95 (in Chinese)
- Jin Chengwei and Zhou Yunsheng. 1978. Magmatic belt and its genetic model of arcuate mountain in Himalaya and Gangdise. *Scientia Geologica Sinica*. (4); 297~312 (in Chinese)
- Liu Guohui *et al.* 1990. *Metamorphic and igneous rocks in Tibet. Geological Memoirs. No. 11*. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese)
- Tan Fuwen, Liu Chaoji. 1992. Preliminary study of the enclaves in Gangdise batholith, Xizang. *Mineralogy and Petrology*. 12 (2); 21~27 (in Chinese)
- Tu Guangzhi *et al.* 1982. *Geochemistry of Granitoids rocks in Southern Tibet*. Beijing: Science Press (in Chinese)
- Tu Guangzhi *et al.* 1981. On the character and evolution of granite in Southern Tibet. *Geochemistry*, No. 1 (in Chinese)
- Xu Ronghua, Harris NBW, Lewis C L, Hawkesworth C J, Zhang Yuquan. 1990. *Isotopic geochemistry from Lhasa to Gulmud. In Geological Evolution of Qinghai-Xizang Plateau*. Beijing: Science Press. 282~302 (in Chinese)
- Zhou Yunsheng *et al.* 1981. *Gangdise intermediate-acid plutonic belt. In: Magmatism and metamorphism of Tibet*. Beijing: Science Press. 50~98 (in Chinese)

## 附中文参考文献

- 郭铁鹰等. 1991. 阿里地质. 武汉: 中国地质大学出版社
- 江万, 张双全, 莫宜学, 赵崇贺, 郭铁鹰. 1997. 青藏高原冈底斯带花岗岩及其中铁镁质微粒包体岩石研究. 特提斯地质, 总 23 期
- 金成伟, Harris N B W, 许荣华, Lewis C L. 1990. 拉萨至格尔木的深成岩. 见: 中-英青藏高原综合地质考察队, 青藏高原地质演化. 北京: 科学出版社, 141~173
- 金成伟. 1982. 西藏冈底斯地区的岩浆活动和岛弧演化. 见: 地质科研成果选集, 中国科学院地质研究所编. 北京: 文物出版社, 49~54
- 金成伟. 1986. 西藏拉萨曲水花岗岩基中的包体. 岩石学报, 2 (2); 23~32
- 金成伟, 许荣华. 1984. 喜马拉雅和冈底斯中段的花岗岩类. 见: 李光岑, J. L. 麦尔西叶主编, 中法喜马拉雅考察成果 (1980). 北京: 地质出版社, 273~294
- 金成伟, 许荣华. 1982. 喜马拉雅和冈底斯中段的花岗岩类. 岩石学研究, (1), 81~95
- 金成伟, 周云生. 1978. 喜马拉雅和冈底斯弧形山系中的岩浆岩带及其成因模式. 地质科学, (4), 297~312
- 刘国惠等. 1990. 西藏变质岩及火成岩. 地质专报, 第 11 号. 北京: 地质出版社
- 谭富文, 刘朝基. 1992. 冈底斯岩基中的包体的初步研究. 矿物岩石, 12 (2); 21~27
- 涂光炽等. 1982. 西藏南部花岗岩类地球化学. 北京, 科学出版社
- 涂光炽等. 1981. 西藏南部花岗岩类的特征和演化. 地球化学, (1)
- 许荣华, N. B. W. Harris, C. L. Lewis, C. J. Hawkesworth, 张玉泉. 1990. 拉萨至格尔木的同位素地球化学. 见: 中-英青藏高原综合地质考察队, 青藏高原地质演化. 北京: 科学出版社, 282~302
- 周云生等. 1981. 冈底斯中酸性侵入岩带. 见: 西藏岩浆活动和变质作用. 北京: 科学出版社, 50~98